View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Universidade de Lisboa: Repositório.UL

O Problema da Indução

Edição de 2014 do

Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica

2012-2015 FCT Project PTDC/FIL-FIL/121209/2010

Editado por
João Branquinho e Ricardo Santos

ISBN: 978-989-8553-22-5

Compêndio em Linha de Problemas de Filosofia Analítica
Copyright © 2014 do editor
Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa
Alameda da Universidade, Campo Grande, 1600-214 Lisboa

O Problema da Indução
Copyright © 2014 dos autores
Eduardo Castro e Diogo Fernandes

Todos os direitos reservados

Resumo
Artigo sobre o estado da arte do problema da indução: como justificar a conclusão de que ‘todos os *F*s são *G*s’ a partir da premissa de que ‘todos os *F*s observados são *G*s’. Análise e discussão das teorias mais salientes na literatura filosófica contemporânea, tais como: indutivismo, fiabilismo, perspectiva das leis da natureza, racionalismo, falsificacionismo, teoria material da indução e abordagens probabilísticas, segundo Carnap, Reichenbach e o bayesianismo. No final, discute-se o novo problema da indução de Goodman, levantado pelo predicado *verdul*.

Palavras-chave
Hume, indução, probabilidade, bayesianismo, *verdul*

Abstract
State of the art paper on the problem of induction: how to justify the conclusion that ‘all *F*s are *G*s’ from the premise that ‘all observed *F*s are *G*s’. The most prominent theories of contemporary philosophical literature are discussed and analysed, such as: inductivism, reliabilism, perspective of laws of nature, rationalism, falsificationism, the material theory of induction and probabilistic approaches, according to Carnap, Reichenbach and Bayesianism. In the end, we discuss the new problem of induction of Goodman, raised by the *grue* predicate.

Keywords
Bayesianism, *grue*, Hume, induction, probability

O Problema da Indução

Em termos muito gerais, no uso argumentativo da linguagem salientam-se dois tipos de argumentos: argumentos dedutivos e argumentos indutivos. À primeira vista, a principal diferença entre estes dois tipos de argumentos é de que um argumento dedutivo é um argumento aduzido com o propósito de estabelecer uma conclusão como seguindo-se necessariamente das premissas; enquanto um argumento indutivo é um argumento aduzido com o propósito de estabelecer uma conclusão como não se seguindo necessariamente das premissas mas seguindo-se delas com algum grau de probabilidade.[1]

Os argumentos dedutivos dividem-se em válidos e inválidos. Um argumento dedutivo válido é um argumento cuja conclusão se segue das premissas: se as premissas do argumento são verdadeiras, necessariamente, a conclusão é verdadeira, em virtude das regras lógicas aplicadas na dedução. Um argumento dedutivo inválido é um argumento cuja conclusão não se segue das premissas: é possível as premissas do argumento serem verdadeiras e a conclusão ser falsa. A classificação de um argumento particular como sendo válido ou inválido é um procedimento meramente algorítmico. Um argumento é válido se tiver uma forma lógica conforme às regras da lógica clássica; um argumento é inválido se tiver uma forma lógica não conforme às regras da lógica clássica.

Os argumentos indutivos podem ser divididos em fortes e fracos. Um argumento indutivo forte é um argumento cujas premissas, assumidas como verdadeiras, tornam razoável que aceitemos a conclusão; enquanto um argumento indutivo fraco é um argumento cujas premissas, assumidas como verdadeiras, não tornam razoável que aceitemos a conclusão. Por exemplo, do dado observacional de que todos os corvos observados têm sido negros, parece ser razoável inferir que o próximo corvo observado seja negro; enquanto, não parece ser razoável inferir que o próximo corvo observado seja, digamos, branco. Os argumentos indutivos são correntes no dia-a-dia e na ciência.

Embora a distinção forte/fraco seja relativamente consensual na literatura, para propósitos justificativos rigorosos da conclusão, essa

[1] Para uma discussão da distinção entre argumentos dedutivos e indutivos ver Machina 1985 e Wilbanks 2010.

Publicado pela primeira vez em 2014

distinção é virtualmente irrelevante. Contrariamente ao que ocorre na dedução a respeito da validade, a classificação de um argumento indutivo particular como sendo forte ou fraco é disputável. A disputa não se centra sobre o valor de verdade actual das premissas do argumento. A disputa centra-se na própria inferência inerente aos argumentos deste tipo. Não há de todo uma caracterização consensual dos argumentos indutivos que consiga distinguir com objectividade e rigor os fortes dos fracos. Um céptico – o chamado *céptico indutivo* – pode questionar as conclusões inferidas nos exemplos acima considerando que, pelo contrário, não parece ser razoável inferir o que quer que seja relativamente à cor do próximo corvo observado. Por outras palavras, é disputável quando é que as premissas de um argumento indutivo tornam razoável a aceitação da conclusão. O conceito *razoabilidade* é um conceito psicológico e subjectivo. Utilizar o conceito *probabilidade* em vez do conceito *razoabilidade*, na definição dos argumentos indutivos fortes/fracos, como é corrente nalguma literatura, também não resolve o problema. Como veremos neste artigo, o problema simplesmente reaparece como um problema no âmbito da teoria das probabilidades.

Estas dificuldades em torno da caracterização dos argumentos indutivos estão na base do chamado *problema da indução*. Mais conspicuamente este problema apresenta-se como sendo o problema de *justificação* dos métodos indutivos que usamos, quer no dia-a-dia, quer na ciência. Este é um problema antigo mas que continua central na filosofia contemporânea.[2]

A literatura sobre a indução é vastíssima e, neste artigo, é-nos impossível abordar muitas das respostas dadas ao problema. A nossa escolha recaiu sobre aquelas que nos parecem mais centrais na literatura existente. Invariavelmente, o problema da indução começa em

[2] Em matemática, também existe a chamada *indução matemática*. Em geral, esta expressão é uma forma abreviada daquilo que se designa por *princípio de indução matemática*. Este princípio é um método *dedutivo* de demonstração de proposições matemáticas. Embora também seja disputável a justificação deste princípio (e.g. Poincaré 1968 e Russell 1905), esta disputa cai completamente fora deste artigo. Todavia, recentemente, especula-se sobre a existência de um problema da indução para a matemática: o problema de justificação de métodos de demonstração indutivos de proposições matemáticas, baseados na indução enumerativa matemática. Ver Baker 2007.

David Hume (2002; 2012: livro 1, secção VI) e é justamente por essa referência que vamos começar. Na segunda secção, apresentam-se algumas soluções e dissoluções ao problema: indutivismo, fiabilismo, perspectiva das leis da natureza, racionalismo e teoria material da indução. Na terceira secção, verificamos como a teoria das probabilidades tem servido para alicerçar soluções para o problema. A teoria de Carnap (1952, 1962) da lógica indutiva, a teoria de Reichenbach (1971) das frequências relativas e a abordagem bayesiana são o objecto da nossa discussão. Na quarta secção, discute-se o novo problema da indução de Goodman (1983).

Há vários tipos de argumentos indutivos e, antes de prosseguirmos, importa registar que neste artigo teremos em consideração os argumentos indutivos seguintes:

Argumento indutivo enumerativo:
(1) Todos os *F*s observados são *G*s;
∴ Todos os *F*s são *G*s.

Argumento indutivo preditivo:
Todos os *F*s observados são *G*s;
a é *F*;
∴ *a* (ainda não observado) é *G*.

Os argumentos anteriores podem ser transformados em *argumentos indutivos probabilísticos enumerativos* e *argumentos indutivos probabilísticos preditivos*, respectivamente. Para tal, em termos formais, basta acrescentar o termo *provavelmente* às conclusões, passando as conclusões a ser apenas conclusões prováveis (ver secção 3).[3]

[3] Há quem considere que também são argumentos indutivos aqueles em que a premissa (1) do argumento indutivo preditivo não é uma quantificação universal sobre o domínio de observação e, *grosso modo*, isso pode ser visto como acrescentando o termo *quase* à premissa (1) (ver Swinburne 1974: 4).

1 Hume

Hume (2002, 2012: livro 1, secção VI) é a primeira referência mais saliente que articula de forma informal o problema da indução.[4] Hume subdivide o problema da indução em dois problemas. O primeiro problema é o problema da justificação dos argumentos indutivos enumerativos: "provar *que os casos de que não tivemos experiência se assemelham àqueles que experimentámos*" (Hume 2012: 125, itálico do autor). O segundo é o problema da explicação das inferências indutivas na vida prática dos seres humanos: "por que razão extraímos de mil casos uma inferência que não somos capazes de extrair de um único caso que deles não difere em aspecto algum" (Hume 2002: 58).

O primeiro problema, conhecido como *problema de Hume*, é o mais importante dos dois e aquele que tem merecido mais discussão na literatura. Com vista a compreender a resposta de Hume a este problema é necessário introduzir os dois tipos de argumentos – demonstrativos e prováveis – que foram por ele evocados. Os argumentos demonstrativos são acerca das relações de ideias. Por exemplo, o teorema de Pitágoras, segundo o qual o quadrado da hipotenusa é igual à soma do quadrado dos catetos, ilustra uma relação entre as ideias de quadrado, hipotenusa e cateto. Os argumentos prováveis são acerca das questões de facto e de existência. Por exemplo, Lisboa é a capital de Portugal é uma proposição acerca de uma questão de facto e de existência. Os argumentos prováveis fundamentam-se na relação de causa e efeito que deriva da experiência.

Nenhum destes argumentos serve para justificar as inferências indutivas (i.e., as conclusões dos argumentos indutivos). Nas inferências indutivas assume-se a uniformidade da natureza, isto é, o princípio de que o futuro é conforme ao passado. Por um lado, a uniformidade da natureza não se consegue justificar por um argumento demonstrativo, uma vez que os argumentos demonstrativos apenas conseguem demonstrar proposições cuja sua negação é contraditória. Ora, não há qualquer contradição em assumir que a natureza

[4] Note-se que o termo *indução* nunca é referido nestes escritos de Hume. A sua análise faz-se em torno de termos como *causa e efeito*, *leis da natureza*, *conexões necessárias* ou *poderes*.

pode não ser uniforme. Por outro lado, a uniformidade da natureza não se consegue justificar por um argumento provável, sob pena de estarmos a cair numa circularidade. Os argumentos prováveis assumem a uniformidade da natureza. Ora, esta alegada uniformidade é justamente aquilo que se pretende justificar. Portanto, para Hume o primeiro problema é insolúvel. Esta insolubilidade não é apenas a favor do *falibilismo indutivo*, segundo o qual as proposições acerca do futuro são incertas. É uma insolubilidade a favor de uma posição mais forte – o *cepticismo indutivo* –, segundo o qual proposições sobre o futuro são sem justificação, isto é, não temos qualquer razão para justificar uma conclusão indutiva (Salmon 1978; Okasha 2001).[5]

Embora Hume considere que o primeiro problema é insolúvel, ele avança uma solução para o segundo problema da explicação das nossas práticas indutivas. De uma forma geral, as dúvidas cépticas humianas em torno da justificação da indução não invadem a vida do dia-a-dia dos seres humanos. A conjunção constante dos fenómenos empíricos conduz as mentes humanas para o estabelecimento de inferências indutivas que são fundamentais para toda e qualquer acção. Para Hume, o princípio da natureza humana que guia as nossas inferências indutivas é o *hábito* ou o *costume*. Este princípio não provém da razão e é tomado como um instinto animal de sobrevivência para a acção e comportamentos humanos. Temos o hábito de formar expectativas e, naturalmente, o homem evita o lume e reproduz-se.

É largamente consensual que a solução de Hume para o segundo problema é inadequada (e.g. Okasha 2001, Goodman 1983 e Sober 1988). No dia-a-dia nem sempre assumimos que a natureza é uniforme. Uma regularidade observada não é uma condição suficiente para que se estabeleça uma inferência indutiva. Sempre que fomos a Londres, nevava. Porém, se no Verão formos a Londres, não temos

[5] A resposta de Hume ao problema da indução, cunhado com o seu próprio nome, tem sido objecto de controvérsia exegética. *Grosso modo*, há duas interpretações correntes: a dedutivista e a não-dedutivista. O dedutivismo é a tese segundo a qual os argumentos válidos são os únicos argumentos racionais. Stove (1973) e Mackie (1980), por exemplo, defendem a interpretação dedutivista. Por seu lado, Stroud (1977), Salmon (1978, 1968), Sober (1988), Okasha (2001, 2005), Ayer (1958), Strawson (1952) e Armstrong (1983, 1991), entre outros, defendem a interpretação não-dedutivista. Neste artigo não estamos preocupados com estes aspectos exegéticos. Ver Okasha 2001, 2005.

a expectativa que neve. Parece que no estabelecimento das nossas inferências indutivas usamos um conhecimento mais alargado do que apenas o conhecimento que resulta directamente da regularidade observada em questão.[6]

2 Soluções e Dissoluções

Destacam-se duas estratégias em volta do problema da indução. Ora se tenta enfrentar o problema e avançar uma solução para o mesmo, ora se tenta dissolver o problema. Começamos pelas soluções – indutivismo, fiabilismo e perspectiva das leis da natureza. Terminamos com as dissoluções – racionalismo, falsificacionismo e teoria material da indução.

2.1 *Indutivismo*

Uma solução para o problema da indução consiste em propor justificações indutivas das regras indutivas que fundamentam os argumentos indutivos preditivos (e.g., Black 1949, 1954, 1958, Edwards 1949, Barker 1965, Moore 1952 e Braithwaite 1974, aqui seguimos Black).

Seja *R* a regra indutiva onde se argumenta a partir da premissa, *a maioria dos exemplares A's examinados, numa ampla variedade de condições, têm sido B*, para a conclusão provável, *o próximo A a ser encontrado será B* (Black 1958: 721). Black considera que a regra *R* pode ser justificada através do argumento seguinte, sendo este argumento conforme à própria regra *R*:

> (1) Na maior parte dos casos de utilização de *R* em argumentos com premissas verdadeiras, numa ampla variedade de condições, *R* tem sido bem sucedida.
>
> ∴ (Provavelmente) No próximo exemplo encontrado do uso de *R* num argumento com uma premissa verdadeira, *R* será bem sucedida. (Black 1958: 720)

As objecções ao indutivismo centram-se na alegada circularidade do

[6] Ver Glymour 1980 para uma tentativa de solução do segundo problema.

argumento. O indutivismo tenta justificar a regra indutiva *R* invocando uma regra ela própria indutiva, caindo, como tal, numa petição de princípio (e.g. Salmon 1957, Achinstein 1962, 1963, Johnsen 1972, Kasher 1972 e Okasha 2001). Black (1962) replica que, embora possa haver alguma circularidade neste argumento, a circularidade em causa não é a circularidade *viciosa* da *petitio principii*, segundo a qual a conclusão é ela própria uma das premissas do argumento. Tal circularidade não se aplica a este argumento por duas razões: petições de princípio apenas se verificam em argumentos dedutivos válidos e o argumento acima não é um argumento dedutivo; a conclusão não é uma das premissas do argumento.

Salmon (1957) formula uma outra objecção engenhosa à proposta de Black, conhecida como *contra-indução*. Seja *R*' a regra contra-indutiva onde se argumenta a partir da premissa, *a maioria dos exemplares A's examinados, numa ampla variedade de condições, não têm sido B*, para a conclusão provável, *o próximo A a ser encontrado será B*. Analogamente, a regra *R*' será justificada através do argumento seguinte, sendo este argumento conforme à própria regra *R*':

> (1) Na maior parte dos casos de utilização de *R*' em argumentos com premissas verdadeiras, numa ampla variedade de condições, *R*' não tem sido bem sucedida.
>
> ∴ (Provavelmente) No próximo exemplo encontrado do uso de *R*' num argumento com uma premissa verdadeira, *R*' será bem sucedida.

Formalmente, a justificação da regra indutiva *R* é equivalente à justificação da regra contra-indutiva *R*'. Salmon argumenta assim que nenhuma das justificações apresentadas é correcta. Se as regras *R* e *R*' forem aplicadas numa mesma situação, as premissas (1) dos argumentos justificativos serão verdadeiras mas as conclusões contraditórias. Todavia, os dados observacionais de suporte a *R* e *R*' são os mesmos e, portanto, não parece que nenhuma destas regras sirva para fazer previsões.[7] Black (1958: 725) replica, que *R*' não é uma regra fiável,

[7] Por exemplo, consideremos que é verdade que sempre que apostei na lotaria, perdi. Uma aplicação da regra *R* sustenta a conclusão provável de que, na próxima vez, perderei; enquanto uma aplicação da regra *R*' sustenta a conclusão provável de que, na próxima vez, ganharei. Ou seja, *R* tem sido bem sucedida, i.e. tenho

no sentido de ser uma regra que pode gerar conclusões falsas a partir de premissas verdadeiras. Todavia, admite que podem ser formuladas outras regras semelhantes a *R*', mas regras fiáveis, onde a regra a utilizar em cada situação terá de ser analisada caso a caso, à luz do seu sucesso experimental passado.

2.2 *Fiabilismo*

A tese epistémica fiabilista, segundo a qual temos conhecimento de *p* se *p* é uma crença verdadeira resultante de um processo fidedigno de obtenção de crenças, também tem servido para tentar alicerçar soluções para o problema da indução (e.g. Cleve 1984, Papineau 1992, Levin 1993, Dauer 1980, Mellor 1991 e Nozick 1981, aqui seguimos Papineau). Para um fiabilista, os argumentos indutivos, apesar de serem argumentos inválidos, são um método fidedigno para obtenção de conhecimento. Portanto, um fiabilista não considera que a indução seja problemática. O problema, na verdade, consiste em argumentar a favor da ideia de que o método indutivo é um processo fiável de obtenção de crenças, evitando-se cair na indesejável circularidade inerente à indução. O argumento é o seguinte:

(1) Para $i = 1$ até n. Quando a pessoa$_i$, de 'todos os F_is observados são G_is', inferiu por indução a conclusão$_i$ de que 'todos os F_is são G_is' verificou-se que a conclusão$_i$ era verdadeira.

∴ Quando alguém infere uma conclusão por indução, a conclusão inferida é verdadeira (i.e., a indução é fiável).

Papineau defende-se da alegada circularidade do argumento começando por distinguir dois tipos de circularidade: circularidade de premissa e circularidade de regra. Um argumento sofre da circularidade de premissa quando a sua conclusão está contida numa das premissas do argumento; um argumento sofre da circularidade de

---

perdido a lotaria, e *R*' não tem sido bem sucedida, i.e. não tenho ganho a lotaria. As premissas (1) de ambos os argumentos justificativos acima são verdadeiras mas as conclusões contraditórias. A partir das premissas (1) ora se concluiu que, no próximo exemplo encontrado do uso de *R*, perderei a lotaria (*R* será bem sucedida), ora se concluiu que, no próximo exemplo encontrado do uso de *R*', ganharei a lotaria (*R*' será bem sucedida), respectivamente.

regra quando a sua conclusão é a favor de uma regra de inferência e essa mesma regra é usada para derivar a conclusão. O argumento acima não sofre da circularidade de premissa – a conclusão amplia as premissas. Porém, o argumento sofre da circularidade de regra – usa-se a regra de indução para concluir que a indução é fiável. Todavia, em geral, a circularidade de regra não é problemática. Eis uma analogia: argumentos dedutivos, a favor da fiabilidade das inferências dedutivas, são argumentos que sofrem da circularidade de regra e, todavia, isto não se é razão para se desconfiar da dedução. Feita esta clarificação, o argumento fiabilista não ganha força contra o céptico, pois tal ser imaginário não será persuadido a fazer induções em virtude deste argumento. Daí que o argumento fiabilista acabe por não se constituir numa tentativa de justificação da indução.

2.3 *Perspectiva das leis da natureza*

Armstrong (1983: 52-59; 1991) apresenta uma solução para o problema de Hume baseada numa teoria de universais. Esta solução é anti-humiana pois considera que há conexões necessárias na natureza que são descobertas pela ciência. Comummente, tais conexões são designadas por *leis da natureza*. O argumento é uma inferência para a melhor explicação.

(1) Todos os *F*s observados são *G*s.

(2) A melhor explicação para (1): é uma lei da natureza que todos os *F*s são *G*s.

∴ Todos os *F*s são *G*s.[8]

Armstrong considera que as leis da natureza são estados de coisas que relacionam, necessária e nomicamente, universais de 1ª ordem.[9] Por outras palavras, o *explanans* 'é uma lei da natureza que todos os *F*s são *G*s', significa que 'intemporalmente, *F* e *G* estão necessariamente conectados'. Esta conexão é o *tertium quid* que medeia o observado

[8] A formulação da enumeração indutiva como uma inferência para a melhor explicação foi proposta por Harman (1965).

[9] Ver o artigo "Leis da Natureza" deste mesmo compêndio.

e o inobservado. Portanto, a inferência estabelecida em (2) é uma inferência para a melhor explicação.

Beebee (2011) desafia o *explanans* de Armstrong, propondo um novo concorrente para explicação em causa, fundamentado numa noção de necessidade temporalmente limitada, a saber: 'temporalmente, *F* e *G* têm estado necessariamente conectados'. Beebee defende que este *explanans* é melhor do que o *explanans* de Armstrong. O problema é que a intrusão do *explanans* de Beebee no argumento ressuscita o cepticismo humiano. Para inferirmos a conclusão acima de que 'todos os *F*s são *G*s' é necessário estabelecer uma inferência entre o *explanans* de Beebee e o *explanans* de Armstrong. Apenas uma inferência de tipo indutivo consegue estabelecer tal inferência. A réplica de um necessitarista à proposta de Beebee consiste em desafiar a noção de necessidade temporalmente limitada, defendendo, por exemplo, que tal noção tem virtudes metafísicas mais fracas do que a noção de necessidade nómica *simpliciter* (Castro 2014).

2.4 *Racionalismo*

Ayer (1958: 76-81), Strawson (1952: capítulo 9), Armstrong (1983, 1991) e outros (e.g., Edwards 1949 e Barker 1965) tentam dissolver o problema de Hume através da chamada *perspectiva racionalista*. O problema de Hume não tem significado, porque, na verdade, é um problema sobre uma questão sem significado: é racional ser racional? Em alternativa, o problema de Hume reformula-se como um problema sobre o que é ser racional e de como essa racionalidade é justificada. Neste contexto, as palavras-chave são *racionalidade* e *prova*. Aparentemente, ser racional é ter crenças justificadas por uma prova. Por exemplo, de um ponto de vista científico, acreditamos que 2+2=4, porque podemos deduzir esta proposição dos axiomas de Peano; acreditamos na lei da queda dos graves de Galileu, porque podemos inferir esta lei de inúmeras experiências do dia-a-dia que têm um comportamento padronizado. As provas matemáticas são diferentes das provas empíricas, mas o aspecto relevante neste contexto é que ambas são provas de alguma coisa. Digamos que é racional acreditar que 2+2=4, bem como na lei da queda dos graves.

Strawson (1952: capítulo 9), por exemplo, defende que a racionalidade da indução é uma verdade analítica. Não tem significado perguntar se a indução é racional, uma vez que tal pergunta é equivalente à pergunta se é racional ser racional. Esta ausência de significado em torno da indução pode ser clarificada por uma analogia. Tem significado perguntar se certas leis particulares são legais, por eventuais inconsistências com outras leis mais fundamentais como a Constituição. Todavia, não tem significado perguntar se a própria Constituição é legal, pois não existe uma outra lei fundamental que possa avaliar da legalidade da Constituição (Harré 1957).

Armstrong (1983: 52-59) argumenta na linha de Strawson. Questionar a regra da inferência indutiva é questionar uma das crenças básicas do nosso senso comum. Estamos mais seguros da verdade das nossas crenças básicas do que da correcção de qualquer argumento filosófico que lance dúvidas sobre elas (G. Moore 1925). Qualquer argumento que pretenda lançar dúvidas sobre o nosso sistema de crenças básicas, terá que ser suportado por premissas que se sustentam em crenças não-básicas ou em crenças básicas (que não a crença na inferência indutiva). Temos, então, duas alternativas. Se o argumento se sustenta em crenças não-básicas, estaremos a sustentar-nos em razões menos certas para lançar dúvidas sobre aquilo que é assumido como mais certo e, portanto, esse argumento deve ser rejeitado. Se o argumento se sustenta em crenças básicas, então, com vista ao argumento ser sucedido, teremos de supor que o nosso sistema de crenças básicas é incoerente de alguma forma. Ou seja, teremos de supor que no nosso sistema de crenças básicas há crenças incoerentes com, pelo menos, a crença de que a regra da inferência indutiva é racional. Ora, isso também não parece estar correcto, uma vez que intuitivamente se assume que o nosso sistema de crenças básicas é coerente. Portanto, este argumento também terá de ser rejeitado.

Earman e Salmon (1992: 59-61) e Salmon (1957) levantaram objecções à proposta racionalista baseados na distinção, proposta por Feigl (1950), entre validação e vindicação. Uma proposição é *válida* se apelar a princípios mais básicos que a justifiquem. Uma proposição *vindica* se a proposição servir para o seu propósito. Por exemplo, a (quase) totalidade das proposições matemáticas são válidas, porque são deriváveis dos axiomas da teoria de conjuntos; e os princípios mafiosos como *vendetta* e *omertà* são princípios que vindicam, porque servem o propósito de preservação da máfia.

À luz da distinção anterior, se o racionalismo é correcto, uma proposição inferida por indução não pode ser validamente justificada, pois não existem princípios mais básicos que a possam justificar. No entanto, isto não significa que tal proposição vindique. Consideremos que *razoável*$_1$ tem o significado de vindicação e *razoável*$_2$ tem o significado de validade. Retoricamente, os racionalistas são pressionados pela questão: é razoável$_1$ ser razoável$_2$? Por outras palavras, podemos usar as nossas regras de inferência indutivas para servir o propósito de fazer previsões? Ora, esta questão é justamente o problema de Hume. Portanto, os racionalistas apenas velam o problema de Hume com os termos *racionalidade* e *prova*. Contemporaneamente, a proposta racionalista continua a ser objecto de discussão, mas, tanto quanto sabemos, não existem defensores do racionalismo.

2.5 *Falsificacionismo*

Partindo do problema de Hume, Popper (1972, 2005) formula dois problemas da indução subtilmente diferentes: (1) "pode a alegação de que uma teoria universal explicativa é verdadeira ser justificada por 'razões empíricas'" (Popper 1972: 7); (2) "pode a alegação de que uma teoria universal explicativa é verdadeira *ou que é falsa* ser justificada por 'razões empíricas'" (Popper 1972: 7, itálico nosso). Baseando-se numa análise do método científico, Popper responde negativamente ao primeiro problema e responde afirmativamente ao segundo problema.

A resposta ao primeiro problema é *mutatis mutandis* a resposta de Hume. Uma teoria científica é universalmente quantificada, logo a putativa confirmação da sua verdade requereria um número infinito de testes experimentais. Ora, não é possível realizar tal número infinito de testes experimentais. As teorias científicas são hipóteses ou conjecturas que estão para além de quaisquer testes empíricos, por mais numerosos que estes sejam. Como tal, a alegada verdade de uma teoria científica não pode ser justificada por meios empíricos. Contrariamente às pretensões verificacionistas dos positivistas lógicos, uma teoria científica apenas pode ser corroborada. Ou seja, uma teoria pode ultrapassar diversos testes experimentais que visam a sua falsificação, mas nunca pode ser confirmada. A corroboração ilustra o desempenho da teoria face a testes experimentais passados mas estes testes não servem para suportar uma alegada confirmação da teoria. A resposta ao segundo problema decorre justamente da virtude epistémica que, segundo Popper, as teorias científicas devem ter – a sua *falsificabilidade*. Embora uma teoria científica não possa ser verificada como verdadeira (uma teoria científica amplamente corroborada é apenas uma teoria *aproximadamente* verdadeira), uma teoria pode ser falsificada por intermédio de testes experimentais.[10]

Contemporaneamente, a discussão da teoria popperiana é um assunto virtualmente esgotado, excepto nos artigos de história da filosofia da ciência que, paulatinamente, começam a surgir. Assim, a apresentação de uma só objecção corrente é suficiente para o efeito, a saber: a dissolução popperiana da indução parece ser incompatível com a reivindicação de que o conhecimento científico é um conhecimento preditivo. A réplica a esta objecção consiste em defender que a teoria popperiana reconhece que o aspecto preditivo das teorias científicas não é desprezável. As teorias científicas acabam por concorrer entre si na explicação dos problemas científicos. A teoria que melhor sobrevive aos testes experimentais é a teoria que é adoptada pelos cientistas. Embora as teorias científicas apenas possam ser corroboradas pela experiência, em termos de prática científica, é racional preferirmos as teorias científicas que tenham sido amplamente corroboradas (Popper 1972: 22). Por exemplo, prevemos a trajectória de um satélite por intermédio de teorias científicas amplamente corroboradas (e.g., a teoria da gravitação) e seria irracional defender que tal previsão deveria ser realizada por uma teoria não-corroborada.

2.6 *Teoria material da indução*

Norton (2003, 2005, 2010, 2014) propõe uma dissolução inovadora do problema da indução. A indução não obedece a qualquer suposta regra universal que distinga induções correctas de incorrectas e que se aplica aos argumentos esquemáticos sobre *F*s e *G*s introduzidos no início deste artigo. Pelo contrário, todas as inferências indutivas são locais e justificam-se, caso a caso, por factos contingentes respeitan-

[10] Há inúmeros exemplos na história da ciência que ilustram a falsificabilidade das teorias científicas como a teoria geocêntrica, a teoria da geração espontânea, a teoria da combustão do flogisto, a teoria electromagnética do éter, a teoria calórica do calor, etc.

tes ao conteúdo material sobre o qual se está a operar a inferência indutiva. À luz desta teoria, o problema da indução não é *o* problema de justificação dessa tal suposta regra universal, mas sim o problema de justificar os factos materiais que garantem a correcção das respectivas inferências indutivas particulares.

Estamos autorizados a inferir de algumas amostras de Bismuto que fundem a 271º C, que todas as amostras de Bismuto fundem a 271º C; porém, não estamos autorizados a inferir de algumas amostras de cera que fundem a 91º C, que todas as amostras de cera fundem a 91º C. A diferença entre as duas inferências é de que a primeira é respeitante a um elemento químico e, geralmente, os elementos químicos são uniformes nas suas propriedades físicas; enquanto a segunda é respeitante a uma mistura de hidrocarbonetos que não pressupõe uma uniformidade das suas propriedades físicas. Portanto, a justificação de uma indução particular advém de um facto respeitante à matéria em consideração na inferência indutiva em questão.

A dissolução proposta por Norton tem sido criticada por vários autores (Okasha 2005; Achinstein 2010; Kelly 2010; Worrall 2010). Destacamos duas dessas objecções. A primeira alega que a teoria material da indução apenas aparentemente é sobre argumentos indutivos. Na verdade, é uma teoria acerca de argumentos dedutivos entimemáticos, i.e., argumentos com premissas escondidas. No caso do Bismuto, por exemplo, a premissa escondida é a de que 'geralmente, qualquer amostra de um elemento químico tem a mesma propriedade física'. Norton (2014) replica a esta objecção considerando que o termo *geralmente* inclui a existência de elementos alótropos. Assim, a inferência de que 'todas as amostras de Bismuto fundem a 271º C' não se segue dedutivamente das premissas, porque nessa inferência estamos a arriscar (ou seja, a induzir) que o Bismuto não tem formas alotrópicas com pontos de fusão diferentes.

De acordo com a segunda objecção, a teoria material de Norton parece enfrentar um problema de regressão semelhante ao existente para o problema da indução, chamada de *objecção histórico-antropológica*: num argumento indutivo particular, para justificar os factos materiais *A*, são necessários outros factos materiais *B*; para justificar os factos materiais *B*, são necessários outros factos materiais *C*; e assim sucessivamente, até ao momento da primeira indução efectuada por humanos. Através destes passos regressivos atingimos, eventualmente, uma base tão estreita que a mesma é incapaz de justificar qualquer argumento indutivo. Norton replica que esta objecção é fundamentada na ideia de que os nossos modos de raciocínio, nomeadamente, o raciocínio indutivo, se manteve inalterado até, digamos, a Adão. Porém, tal ideia é especulativa, uma vez que não sabemos claramente como se processava o raciocínio em fases remotas da espécie humana.

3 Indução e probabilidade

A conexão entre probabilidade e indução estabelece-se pela ideia segundo a qual as conclusões dos argumentos indutivos são conclusões prováveis (ver introdução). A teoria elementar de probabilidades é a teoria central para a análise destes argumentos. Acontece que o termo *probabilidade* é um termo primitivo no conjunto de axiomas desta teoria (ver apêndice). A principal diferença entre as várias teorias da probabilidade resulta, então, da interpretação que é feita do termo *probabilidade*, com vista à resolução do problema da indução. Em seguida, sintetizam-se três soluções do problema – lógica (Carnap), frequencista (Reichenbach) e subjectivista (bayesiana).

3.1 *Carnap: probabilidade lógica ou indutiva*

O objectivo de Carnap (1962), em *Logical Foundations of Probability* (LFP), consiste não apenas em apresentar uma interpretação do termo *probabilidade*, mas também em aplicar essa interpretação a uma nova abordagem ao problema da indução, apoiada nas seguintes concepções básicas: 1) que todo o raciocínio indutivo, no sentido de não-dedutivo ou não-demonstrativo, é probabilístico; e 2) que a concepção de probabilidade consiste numa relação lógica e objectiva entre duas proposições – hipótese e dados observacionais.[11] Essa relação representaria, de um modo quantitativamente preciso, o grau de confirmação de uma hipótese científica (uma lei ou uma previsão), relativamente a uma certa informação observacional disponível. À luz dos argumentos apresentados na introdução deste artigo, os da-

[11] Neste artigo traduzimos o termo inglês *evidence* por dados observacionais ou informação observacional.

dos observacionais são o conjunto de premissas, enquanto a hipótese é a conclusão (provável) que se pretende inferir das mesmas.

Na base da utilização da expressão *probabilidade lógica* encontra-se a ideia de que todos os princípios da teoria da indução de Carnap seriam analíticos; ou, de outro modo, que todo o raciocínio indutivo seria analítico, não dependendo de quaisquer pressupostos sintéticos, como, por exemplo, o postulado da uniformidade da natureza. Carnap propõe, assim, que o seu conceito de grau de confirmação seja tomado como a contraparte indutiva do conceito dedutivo de implicação – consistindo o primeiro numa relação de *implicação parcial* – com o intuito de obter uma teoria completa da inferência.

De uma forma mais precisa, em LFP Carnap tentará determinar uma função confirmatória única $c(\_\ ,\ \_)$, que tome como argumentos a hipótese (h) e os dados observacionais (e). Os valores dessa função expressariam, assim, o grau de confirmação de h por e. Como tal, a probabilidade indutiva, ou o valor de c, é dado através de uma probabilidade condicional:

$$c(h,e) = \frac{m(h \wedge e)}{m(e)}$$

A questão está em saber de que modo é interpretada m, e *a fortiori* c. Sabemos que c exprime uma probabilidade indutiva, mas, para que esta possa ser calculada, os valores do numerador e do denominador têm de ser dados através de uma medida de probabilidade que corresponda a uma das interpretações de *probabilidade* já disponíveis. A opção de Carnap consiste em adoptar a interpretação *clássica* de *probabilidade*. Para esse efeito, aplicar-se-ia o Princípio da Indiferença de Laplace: se existir um número n de resultados possíveis, e não tivermos qualquer razão para acreditar que qualquer um deles é mais provável do que qualquer um dos outros, então deve ser atribuída a cada um deles uma probabilidade de $1/n$. À luz desta interpretação, bem como de outras condições gerais (regularidade, aprendizagem pela experiência, etc.), Carnap consegue restringir o número infinito de funções c, a uma única função, que ele designa por c^* (respectivamente, m^*) (Carnap 1962: apêndice).[12]

[12] Ao contrário do valor de c^*, as probabilidades extraídas da concepção clássica, e do seu Princípio da Indiferença, são probabilidades categóricas.

A tecnicidade da lógica da Carnap é bastante complexa e, doravante, vamos sistematizá-la por recurso a um exemplo. Consideremos uma linguagem constituída por apenas um predicado descritivo, *F*, e três indivíduos, *a*, *b* e *c*. O espaço de possibilidades que constitui este universo é definido por oito *descrições de estado*:

1. $Fa \wedge Fb \wedge Fc$	5. $\sim Fa \wedge \sim Fb \wedge Fc$
2. $\sim \mathrm{Fa} \wedge Fb \wedge Fc$	6. $\sim Fa \wedge Fb \wedge \sim Fc$
3. $Fa \wedge \sim Fb \wedge Fc$	7. $Fa \wedge \sim Fb \wedge \sim Fc$
4. $Fa \wedge Fb \wedge \sim Fc$	8. $\sim Fa \wedge \sim Fb \wedge \sim Fc$

Com vista a determinar *a priori* os diferentes pesos relativos que devem ser atribuídos às descrições de estado, de modo a que a sua soma dê valor 1, Carnap tem de escolher um critério apropriado que vá ao encontro das nossas intuições indutivas, designadamente, a aprendizagem pela experiência.[13] Para esse efeito, Carnap agrupa as diferentes descrições de estado segundo determinadas características que estas partilham entre si, nomeadamente, segundo o número de indivíduos que, em cada uma delas, partilham ou não a propriedade *F*. Neste caso obtemos quatro descrições chamadas de *descrições de estrutura*:

1) Todos são *F* (uma descrição de estado);

2) Dois *F*s e um não-*F* (três descrições de estado);

3) Dois não-*F*s e um *F* (três descrições de estado);

[13] Consideremos a hipótese segundo a qual o indivíduo *a* não tem a propriedade *F*, '$\sim Fa$'. Aplicando o princípio da indiferença, a probabilidade desta hipótese é de ½, pois existem quatro, de entre as oito descrições de estado, em que *a* não possui *F*. Suponha-se que vimos a saber que o indivíduo *c* não tem a propriedade *F*, consistindo tal em toda a nossa informação. Todavia, a probabilidade de '$\sim Fa$' continua a ser de ½. Intuitivamente, tal consequência parece ser incorrecta. Para que a função *c** tenha algum valor no que respeita à aprendizagem através da experiência, i.e., para que *c** que tenha algum valor indutivo, a informação que nos é oferecida através de qualquer frase consistente da linguagem deverá incrementar ou diminuir a probabilidade *a priori* da hipótese '$\sim Fa$'.

4) Todos são não-*F*s (uma descrição de estado)

A cada uma destas descrições de estrutura atribui-se a mesma probabilidade de ¼, segundo o Princípio da Indiferença. E a cada uma das descrições de estado pertencentes a uma descrição de estrutura é dado uma igual parte do valor atribuído a esta última; neste caso, um valor de 1/12 para as descrições 2-4 e 5-7, e um valor de ¼ para as descrições 1 e 8. É, pois, importante notar que se confere um maior peso às descrições de estrutura homogéneas, 1 e 8 – em que os indivíduos partilham todos a mesma propriedade – o que Carnap considera estar de acordo com as nossas intuições indutivas.[14]

Um dos problemas desta concepção diz respeito à arbitrariedade envolvida na selecção do método para atribuir pesos relativos às descrições de estado e às descrições de estrutura que permite estabelecer *m**. Existindo um número infinito de maneiras de o fazer, de modo a que a soma desses pesos relativos resulte no valor 1, deverá ser oferecida uma razão que justifique o método escolhido. Por exemplo, se acreditarmos que o universo em causa carece de uniformidade, ao contrário do que parece indicar a nossa intuição indutiva, então poderá ser atribuído um menor peso relativo às descrições de estado uniformes, ou seja, àquelas em que cada um dos indivíduos possui a mesma propriedade que os todos os outros. De acordo com esta suposição, no exemplo acima poderia ser atribuído um peso de 1/20 às descrições de estrutura 1 e 8, e, claro, um igual peso de 9/20 às restantes duas descrições de estrutura.[15]

[14] O problema de aprendizagem através da experiência fica assim ultrapassado. A conjunção da hipótese '$\sim Fa$' (*h*) com o dado observacional '$\sim Fc$' (*e*) verifica-se nas descrições de estado 6 e 8, cujo peso relativo combinado, respectivamente 1/12 e 1/4, é de 1/3. Isoladamente, '$\sim Fc$', verifica-se nas descrições de estado 4 e 6-8, tendo um peso relativo combinado de ½. Podemos, assim, calcular que o grau de confirmação da hipótese (*h*), pelo dado observacional (*e*), é de 2/3.

$$c^*(h,e) = \frac{m^*(h \wedge e)}{m^*(e)} = \frac{1/3}{1/2} = 2/3$$

Verifica-se que o dado observacional contribui para o incremento do grau inicial de confirmação que atribuíamos à hipótese.

[15] Este tipo de função confirmatória, que pode ser designada como "contra-indutiva", e que também permite "aprender com a experiência", no sentido em que faz aumentar ou diminuir a probabilidade *a priori* da hipótese, foi apresentada por Burks (1953).

Carnap (1952), consciente deste problema, propôs que se considerasse não apenas uma função confirmatória única, mas sim um contínuo de funções confirmatórias, variando ao longo deste o método de atribuir *a priori* pesos relativos às descrições. Nesse contínuo encontrar-se-iam aquelas funções que apresentassem um maior grau de plausibilidade intuitiva, de acordo com certos axiomas para os quais Carnap oferece igualmente uma justificação intuitiva.[16]

Outro problema encontra-se relacionado com o conteúdo factual da função confirmatória. Pretende-se dos nossos métodos indutivos que nos digam algo acerca do mundo, i.e., que sejam acerca de 'questões-de-facto', segundo a terminologia de Hume. Contudo, os enunciados acerca do grau de confirmação de uma hipótese por determinados dados observacionais são analíticos, pois a escolha do método para determinar a função m^* é feita *a priori*, assim como o cálculo do grau de confirmação. A resposta imediata de Carnap consiste em afirmar que existe conteúdo sintético nestes enunciados acerca do grau de confirmação, conteúdo esse presente nos enunciados que constituem os dados observacionais *e*, e que são, realmente, acerca do mundo. Pode-se insistir, ainda assim, que se mantém um problema relacionado com o carácter projectivo do raciocínio indutivo: como pode um enunciado sintético *acerca do passado*, juntamente com um enunciado analítico acerca do grau de confirmação, dizer-nos seja o que for acerca do futuro? (Salmon 1967: 76).

3.2 *Reichenbach: frequências relativas*

A solução para o problema da indução proposta por Reichenbach (1971) é habitualmente designada como *justificação pragmática da indução*. O argumento de Reinchenbach apela para a possibilidade de sucesso das nossas práticas indutivas, principalmente quando comparadas com outras práticas utilizadas para se efectuarem previsões. A justificação de Reichenbach não tem como objectivo provar, de

[16] Jeffrey (1973) distingue dois sentidos em que o termo *lógico* pode ser interpretado quando aplicado à função confirmatória de Carnap: 1) como não-factual, tal como 'seno' ou 'log 10' são 'funções lógicas'; e 2) que os 'valores (da função denotada) se encontram de acordo com as nossas intuições indutivas', encontrando-se estas últimas reflectidas nos referidos axiomas. Para uma crítica à consistência desses axiomas, ver Fine (1973: 202).

uma forma dedutiva ou indutiva, a verdade das conclusões das nossas inferências indutivas, encontrando-se, neste aspecto, de acordo com Hume no que respeita à futilidade de tal empreendimento.

Sabendo-se que não é possível provar que a natureza é suficientemente uniforme para garantir o sucesso das nossas inferências preditivas, resta-nos aceitar o seguinte raciocínio condicional: se a natureza for uniforme, então a indução funciona; se não o for, então a indução falha. Por exemplo, não podemos provar *a priori* que o uso de cartas de *tarot* funciona, ou não, para prever o futuro, seja a natureza uniforme ou não. Contudo, se a natureza for realmente uniforme, a indução *tem de* funcionar. Daí a asserção de que o método indutivo será bem sucedido, se qualquer outro método puder ter sucesso; por outras palavras, a indução é o melhor método que temos ao nosso dispor para efectuarmos inferências ampliativas, venha ou não a provar-se o seu sucesso.

Em *The Theory of Probabililty*, Reichenbach (1971) insere a justificação do uso de uma regra indutiva específica no contexto mais geral da formulação de uma teoria da probabilidade – com o seu conjunto próprio de axiomas, e uma correspondente interpretação do termo *probabilidade*, designada como *frequencista*. De acordo com esta interpretação, o termo *probabilidade* refere uma relação entre classes de acontecimentos, $P(A, B)$, em que A constitui a *classe de referência* e B a *classe dos atributos*. Por exemplo, A pode ser a classe de acontecimentos que consistem em 'atirar a moeda x ao ar' e B a classe de acontecimentos que consistem em 'atirar a moeda x ao ar e sair cara'. O valor de uma probabilidade consiste, assim, na frequência com que um determinado acontecimento, a que está associado um atributo, ocorre numa série de observações repetidas de acontecimentos que fazem parte da classe de referência; ou seja, a frequência com que sai cara numa série de lançamentos de uma moeda x.

O frequencismo de Reichenbach é designado como *hipotético* ou *infinitista*, caracterizando-se pela adopção de classes infinitas. A constatação empírica de que as variações da frequência relativa de um acontecimento se vão tornado cada vez mais pequenas à medida que a série de acontecimentos vai aumentando, constitui a base do pressuposto fundamental da interpretação frequencista: que a frequência relativa de um acontecimento converge na direcção de um limite à medida que a sequência de acontecimentos pertencentes à classe de referência vai aumentando indefinidamente.

A regra indutiva de Reichenbach, designada como *indução por enumeração*, segue-se directamente da aplicação deste pressuposto. Supondo-se que temos uma sequência infinita de acontecimentos *A*, e queremos inferir o limite da frequência relativa com que estes acontecimentos exibem o atributo *B*. Seja $F^i(A,B) = j/i$ a frequência (*j*) relativa de *B* relativamente aos primeiros *i* acontecimentos da sequência *A*. Eis a regra indutiva: dado que $F^i(A,B) = j/i$ inferir que $\lim_{n\to\infty} F^n(A,B) = j/i$. Se este limite existir, então $P(A,B) = \lim_{n\to\infty} F^n(A,B)$. Idealmente, à medida que *n* vai crescendo, ou à medida que a cardinalidade do argumento vai aumentando, o intervalo de exactidão com que o limite é calculado vai diminuindo, e os valores de F^n, ou da *P*(*A*, *B*), vão sendo progressivamente corrigidos (Reichenbach 1971: 474).

Se o argumento apresentado no início da secção era bastante vago, referindo a possibilidade da natureza ser *suficientemente uniforme* (não se sabendo o quão uniforme esta teria de ser), agora, na sua versão técnica, o argumento, ou a justificação da indução, ao depender da definição de *limite*, torna-se precisa: dependendo do intervalo de exactidão com que pretendemos inferir o limite da frequência, existe sempre um ponto da sequência de acontecimentos a partir do qual o valor do limite se encontra nesse intervalo de exactidão, embora nunca possamos saber com rigor qual é esse ponto; na linguagem da estatística, isto significa que nunca poderemos saber quão grandes terão de ser as nossas amostras para obtermos esse intervalo. O postulado da existência de um limite da frequência substitui, na teoria de Reichenbach, o postulado da uniformidade da natureza em Hume. Se o problema clássico da justificação era o de saber se as nossas inferências indutivas conduziam a conclusões verdadeiras, na sua versão estatística o problema consiste em saber se a regra da indução é um método de aproximação adequado para se determinar o valor da frequência relativa de um acontecimento; o que, pressupondo a existência do limite, Reichenbach conclui que sim.

Um dos problemas que esta justificação encontra decorre naturalmente dos problemas que a concepção de probabilidade que lhe é subjacente enfrenta. É comum atribuírem-se probabilidades não apenas a acontecimentos que fazem parte de sequências, mas também a acontecimentos únicos, irrepetíveis. Fala-se da probabilidade de chover amanhã, da probabilidade de alguém com certas características se doutorar em Filosofia, da probabilidade de Nixon ter sabido das escutas em Watergate, etc. A solução frequencista consiste na tentativa de encontrar classes de referência nas quais se possa incluir o acontecimento irrepetível. Mais precisamente, de acordo com a sugestão de Salmon (1967: 91), tentando incluí-lo na classe de referência mais abrangente e homogénea possível.[17]

Quanto à previsão meteorológica, a classe de referência é tida como implícita, consistindo, por exemplo, na sequência de dias sem chover (possuindo esses dias certos atributos em comum) que antecederam um dia de chuva. Já no caso de Nixon a tarefa torna-se mais complicada. Encontrar uma classe de referência que abranja a totalidade dos atributos relevantes, que cumpra a necessidade de se encontrar um número razoável de casos, de modo a formar uma sequência, poderá parecer uma tarefa quase impossível, considerando a arbitrariedade que pode estar envolvida no processo. A solução frequencista para estes casos consiste em determinar a probabilidade da verdade de proposições asseridas por Nixon. Teríamos, assim, a $P(A, B)$ em que A constituiria a classe de referência, composta por um determinado número de proposições asseridas por Nixon, e B a sub-classe destas que são verdadeiras (Vickers 2011: 41-43).

No caso de Carnap, a probabilidade de qualquer frase da linguagem, dada a função c^*, era fixa e determinada *a priori* através da aplicação do Princípio da Indiferença. No método de Reichenbach, embora possa existir alguma arbitrariedade na selecção da classe de referência, o cálculo da probabilidade de acontecimentos únicos parece ter uma relação com os factos e a experiência mais forte do que o método de Carnap, pois essa classe de referência é determinada, precisamente, pelos factos e experiência passada.

Estes casos de acontecimento único retiram à concepção frequencista uma certa versatilidade na sua aplicação a todas as situações em que o termo *provável* pode ser utilizado com sentido. Nesta medida, a direcção subjectivista que o tratamento científico da noção de probabilidade acabou por tomar, atesta bem da necessidade de contornar

[17] Tratando-se de um processo indutivo, quanto maior for o número de casos, mais fiável será o valor do limite. Por outro lado, convém tentar eliminar da sequência o maior número de casos com atributos irrelevantes.

este problema de uma maneira plausível e eficaz.

3.3 *A abordagem bayesiana*

O bayesianismo é a perspectiva segundo a qual a noção de probabilidade pode ser interpretada de maneira subjectiva, especificando o grau de crença numa determinada proposição. A teoria bayesiana da confirmação diz-nos que novo grau de crença é racional adoptar quando obtemos novos dados observacionais que confirmam as nossas hipóteses, tendo em conta os nossos graus de crença anteriores. Trata-se, pois, de uma teoria que nos permite atribuir um valor quantitativo preciso ao modo como um determinado corpo de informação observacional serve para confirmar racionalmente as nossas hipóteses científicas.

Ramsey (1964) foi um dos primeiros a construir uma teoria subjectiva da probabilidade. Ao constatar a estreita conexão entre crenças, desejos e acções, Ramsey compreendeu também o seguinte: se, por exemplo, estivermos dispostos a apostar em *Brigadier Gerard* para ganhar a corrida, então também estamos dispostos a apostar na verdade da crença segundo a qual *Brigadier Gerard* vai ganhar a corrida. Se estivermos dispostos a apostar numa hipótese de 8/10 em *Brigadier Gerard*, então o nosso grau de crença em como ele irá ganhar é de 0.8 e, respectivamente, 0.2 em como ele irá perder.

Um céptico poderá argumentar que uma teoria da probabilidade baseada em meros palpites não pode ser aplicada com seriedade ao tratamento de questões científicas. Contudo, De Finetti (1964) conseguiu provar que se as nossas atribuições subjectivas de probabilidade forem coerentes entre si, então elas encontram-se de acordo com os axiomas da teoria elementar de probabilidades. Mais, também pôde ser demonstrado que se as nossas atribuições subjectivas de probabilidade estiverem de acordo com o cálculo de probabilidades, então elas têm de ser coerentes. Logo, a conformidade com os axiomas do cálculo de probabilidades é uma condição necessária e suficiente para a coerência subjectiva das nossas atribuições de probabilidade ou, o que é o mesmo, para a coerência dos nossos graus de crença.[18] Uma das ideias fundamentais do bayesianismo consiste,

[18] Horwich (1982: 26-28) também demonstra este resultado.

assim, na determinação de um importante critério de racionalidade para agentes e detentores de crenças em geral, que permite classificá-los como coerentes, ou racionais, caso as suas crenças exemplifiquem a referida conformidade.

Mas o céptico pode ainda insistir: 'E se sairmos da pista de corridas sem nada nos bolsos? Os nossos palpites, apesar de coerentes, estavam todos errados. Não existindo qualquer base empírica que os sustente, a coerência das nossas atribuições subjectivas de probabilidade não parece ser um critério de racionalidade suficientemente forte e restritivo para poder ser aplicado à investigação científica'. Contudo, uma das motivações para desenvolver uma teoria subjectiva de probabilidade consistiu, precisamente, na constatação da dificuldade que a interpretação frequencista mostrava em dar conta da ideia de que é razoável atribuir probabilidades a acontecimentos únicos e irrepetíveis, entre os quais se podem encontrar certas consequências observáveis das teorias científicas. Será, pois, a aplicação regrada do teorema de Bayes (ver apêndice) que irá disciplinar a atribuição de probabilidades subjectivas para efeitos de confirmação de hipóteses científicas, tarefa para a qual a interpretação frequencista não oferecia um método. Consideremos a formulação seguinte do teorema:

$$P(H \mid E) = \frac{P(H)\,P(E \mid H)}{P(E)}$$

em que $P(H|E)$ lê-se como 'probabilidade da hipótese dada a observação'; $P(H)$ como 'probabilidade prévia da hipótese'; $P(E|H)$ como 'probabilidade da observação dada a hipótese'; e $P(E)$ como 'probabilidade prévia da observação'. Assim, uma certa hipótese é confirmada por uma certa observação se, e somente se, a $P(H|E)>P(H)$; e uma hipótese é infirmada por uma certa observação se, e somente se, $P(H|E)<P(H)$.

Na posse dos termos fundamentais, podemos agora afirmar que o uso regrado do teorema irá disciplinar a atribuição de probabilidades prévias às nossas hipóteses científicas e, desse modo, permitir-nos responder ao céptico. Considere-se um exemplo utilizado para mostrar como funciona o processo de confirmação (Zilhão 2007: 329). Uma das consequências que a Teoria da Relatividade Geral de Einstein previa era a de que a trajectória da luz encurvaria perto do Sol. Em 1919 foi realmente observado este fenómeno. Podem, assim, atribuir-se à hipótese (H) e aos dados observacionais (E), valores de probabilidade que nos permitem aplicar o teorema de Bayes. Por exemplo, dado o carácter controverso, à data, da teoria de Einstein, podemos talvez dizer que $P(H)=0.2$; como os dados observacionais constituíam aqui uma consequência lógica da hipótese, então $P(E)\geq P(H)$, daí $P(E)=0.3$; como o fenómeno previsto se verificou, então $P(E|H)=1$. Substituindo estes dados no teorema resulta que $P(H|E)=2/3$.

O que este resultado nos mostra é que, a partir da observação realizada, houve um incremento de probabilidade da hipótese ($P(H|E)>P(H)$). Ou seja, de um grau subjectivo de crença de 0.2 na teoria de Einstein, passou-se para um grau subjectivo de crença de 0.66. A confiança em que a teoria seria verdadeira saiu bastante reforçada depois da observação de uma das suas consequências previstas, o que corresponde a uma confirmação da hipótese. É claro que se se tivesse observado que o fenómeno previsto não se verificava, então $P(E|H)$ teria de ser igual a zero. Aplicando este resultado ao teorema, teríamos que $P(H|E)=0$. Neste caso a hipótese teria sido infirmada ($P(H|E)<P(H)$).

O processo de confirmação pode ser levado a cabo aplicando-se a regra da condicionalização: o valor obtido, a probabilidade da hipótese dada a observação, irá substituir o valor da probabilidade prévia da hipótese em caso de nova aplicação do teorema, dada a descoberta de novos dados observacionais (confirmatórios ou infirmatórios). Ou seja, nessa nova aplicação do teorema, o valor prévio da hipótese seria de 0.66. O aspecto ampliativo da teoria consiste, assim, em esperar que o valor prévio da hipótese vá aumentando progressivamente, confirmando cada vez mais a hipótese, convergindo para o valor 1.

A regra da condicionalização é, ela própria, uma maneira de responder a um dos desafios enfrentados pela teoria: o problema da suposta arbitrariedade das atribuições de um valor à probabilidade prévia da hipótese.[19] Ou seja, dois indivíduos poderão atribuir probabilidades completamente diferentes à hipótese inicial e ambos terem

[19] Existe, também, um problema com a atribuição de um valor à probabilidade prévia da observação. Contudo, este não é tão grave, pois é possível substituir este conceito pelo de 'probabilidade da observação considerada à luz de todas as hipóteses possíveis, mutuamente exclusivas'. Neste caso utiliza-se uma outra versão do teorema de Bayes, que não envolve $P(E)$ (ver apêndice).

uma justificação racional para acreditarem nessa hipótese em determinado grau. A resposta mais comum consiste em apelar para a noção de convergência. Mesmo começando com probabilidades 'heréticas', será possível modificá-las à medida que a nova informação se vai acumulando, através da aplicação sucessiva da regra da condicionalização (Jeffrey 1983: Cap. 11). Ou seja, a aplicação da regra fará com que as probabilidades iniciais do perito e do leigo se aproximem progressivamente até convergirem num determinado valor que corresponderia ao grau de crença que é racionalmente mais adequado. No caso do apostador inexperiente, ele pode mesmo obter informação preciosa na enorme colecção de dados que os seus colegas frequencistas vão recolhendo. Mas, se nos casos em que a informação vai surgindo com frequência, e é de tipo quantitativo, a perspectiva de convergência é favorável, já nos casos em que é difícil obter novos dados, e a prova é de um tipo mais impreciso, a convergência pode tornar-se num processo bastante demorado ou até num objectivo utópico.

Outro dos problemas desta teoria, formulado por Glymour (1980: 63-93), é o chamado *problema da evidência velha* [*old-evidence problem*]. Um dado observacional verificado antes de uma determinada hipótese ter sido proposta, e ao qual é atribuído uma probabilidade de valor 1, não pode oferecer qualquer confirmação para a hipótese em causa, pois se $P(E)=1$, então $P(H|E)=P(H)$. Por exemplo, o avanço do periélio de Mercúrio era um dado observacional bem conhecido antes da formulação da Teoria da Relatividade Geral; contudo, este dado é tido como mais relevante para a verdade da teoria do que o 'novo' dado acima referido do encurvamento da luz perto do Sol.[20] Numa formulação mais geral do problema (Huber 2005: 101-107), se um determinado dado observacional, positivamente relevante para a confirmação de uma hipótese, vier a ser verificado, então o mesmo deixará de oferecer qualquer confirmação. Conversamente, quanto menos se acredita na possibilidade de ocorrência de um certo dado observacional, maior é o seu contributo para a confirmação de uma hipótese.

Uma solução proposta para este problema consiste em afirmar que aquilo que aumenta a confiança do agente em H não é propria-

[20] Para uma exposição clara do problema, através deste exemplo, ver Howson e Urbach (1993: 297-301).

mente a verificação de *E*, mas sim a descoberta de uma relação lógica ou matemática entre *H* e *E* (Garber 1983). Contudo, quando *P*(*H implica E*)=1, em todos os momentos do tempo (i.e., desde que a hipótese é proposta), não pode, então, existir lugar para a descoberta de uma relação lógica ou matemática entre *H* e *E*. Ou seja, o agente só se encontra interessado em *E*, porque sabe precisamente que *H* implica logicamente *E*.

Outra tentativa de solução consiste em propor que a relação de confirmação depende, e deve ser calibrada, de acordo com um raciocínio contrafactual (Howson e Urbach 1993): qual o efeito no nosso grau de crença em *H*, que a constatação de *E* teria, na suposição de que *E* ainda não foi constatado? Huber (2005) critica, no entanto, esta solução, mostrando que ela não permite descartar as probabilidades prévias iniciais dos agentes, o que afectaria o processo de condicionalização, tornando, assim, impossível a convergência.

4 O novo problema da indução

O predicado *verdul*, introduzido por Goodman (1983), veio dar origem a um paradoxo indutivo diferente do antigo problema da indução. Brevemente, o predicado *verdul* aplica-se a 'todas as coisas examinadas antes de um tempo futuro *t*, apenas no caso de serem verdes, ou a todas as outras apenas se forem azuis' (Goodman 1983: 74).[21] Ou seja, um objecto *x* pode ser classificado como *verdul* se, e apenas se, preencher uma das duas seguintes condições: 1) *x* já foi examinado e é verde, ou 2) *x* ainda não foi examinado e é azul.

A nossa experiência a respeito de esmeraldas têm vindo a confirmar a hipótese 'Todas as esmeraldas são verdes', contribuindo para se formar em nós a crença forte de que, por exemplo, se observarmos uma esmeralda no ano 2500, ela também será verde. Contudo, o problema surge quando tentamos confirmar a hipótese 'Todas as esmeraldas são verduis', pois a informação que temos à nossa disposição para confirmar a hipótese 'Todas as esmeraldas são verdes' serve igualmente para confirmar a hipótese 'Todas as esmeraldas são ver-

[21] Da mesma maneira, *azerde* pode ser definido como o predicado que se aplica a todas as coisas examinadas antes de um tempo futuro *t*, apenas no caso de serem azuis, ou a todas as outras apenas se forem verdes.

duis'. Como desejamos alicerçar a nossa prática indutiva em hipóteses fortemente confirmadas, parece legítimo efectuar uma previsão de acordo com a qual uma esmeralda observada depois de 2500 será azul, obtendo-se, assim, duas previsões incompatíveis, uma delas contrariando fortemente a nossa crença de que as esmeraldas continuarão a ser verdes depois do ano 2500.

Este paradoxo é compreendido no contexto de um projecto específico em filosofia da ciência: formular uma teoria lógica da confirmação. Esta teoria, desenvolvida por Hempel (1945), consiste numa tentativa de definir os princípios que determinam aquilo que deve contar como boa observação para confirmar hipóteses de carácter geral com conteúdo empírico. Mais precisamente, numa tentativa de formalizar o modo através do qual a confrontação de uma dada hipótese com um conjunto de dados observacionais pode contribuir para aumentar ou diminuir a fiabilidade dessa hipótese.

Ao contrário do que sucedia com a abordagem probabilística, em que se pretendia determinar de uma forma quantitativamente precisa o grau de confirmação de uma hipótese, a teoria lógica da confirmação assume, por seu lado, uma natureza qualitativa, relacionada com a satisfação de predicados por certos objectos, sendo a relação de confirmação obtida entre duas proposições: uma hipótese do tipo 'Todos os *F*s são *G*s', e um exemplar dessa hipótese, também ele uma proposição, 'Este *F* é *G*'.

A intuição que está na base da teoria é a de que as hipóteses são confirmadas pelas suas realizações positivas. Ao princípio fundamental da mesma Hempel chamou Condição de Nicod (CN) (ver Nicod 1924):

> CN: Hipóteses de carácter geral, com conteúdo empírico, do tipo '$(\forall x)\ [F(x) \rightarrow G(x)]$', deixam-se confirmar por dados observacionais que podem ser expressos por '$F(a) \wedge G(a)$', e deixam-se infirmar por dados observacionais que podem ser expressos por '$F(a) \wedge \sim G(a)$'.

Assegurando-nos de que hipóteses como 'Todas as esmeraldas são verdes' se encontrariam confirmadas, seria possível qualificar certos predicados como *projectáveis*, dada a fiabilidade com que poderiam ser utilizados em argumentos indutivos preditivos com conclusões do tipo 'A próxima esmeralda observada será verde'. O objectivo de

Goodman, ao introduzir um predicado como *verdul*, consistiu em mostrar que, apesar de intuitivamente plausível, a teoria de Hempel, ao focar-se apenas nos aspectos sintácticos das frases utilizadas para exprimir as hipóteses e os exemplares – ou, se quisermos, apenas na sua forma lógica – pode ser demasiado liberal, autorizando a confirmação de hipóteses que não desejamos ver confirmadas.

Como Jackson (1975) mostrou, nem todas as interpretações de *verdul* são geradoras de paradoxo, por isso convém tornar claro qual destas é realmente problemática. Consideremos a que Jackson considera uma paráfrase da definição de Goodman,

> *x* é verdul em *t* sse [(*x* foi observado e *x* é verde em *t*) ou (*x* não foi observado e *x* é azul em *t*)] (Jackson 1975: 118).

Importa notar, desde logo, que apesar da propriedade se encontrar temporalmente indexada, esta indexação não é parte essencial da definição de *verdul*. Retirando-se a indexação, obtém-se, ainda assim, uma definição equivalente que continua a ser geradora de paradoxo (na medida em que é confirmada pelos dados da experiência),

> *x* é verdul sse [(*x* foi observada e *x* é verde) ou (*x* não foi observada e *x* é azul)].[22]

Parecem existir duas estratégias possíveis para resolver este paradoxo. Uma delas consiste em classificar predicados do tipo *verdul* como inadequados para efeitos de confirmação e previsão (Salmon 1963). Contudo, nada parece existir na sintaxe disjuntiva de predicados como *verdul* que os tornem, em princípio, não-passíveis de confirmação e projecção.[23] Considere-se a propriedade *gasólido*:

[22] A propriedade de Hume é do tipo '(x é verde $\wedge$ $\mu_{(x)}$) $\vee$ (x é azul $\wedge$ $\sim\mu_{(x)}$)', tal que a extensão de $\mu_{(x)}$ corresponde a todas as esmeraldas observadas, e a partir das quais *projectamos*, e $\sim\mu_{(x)}$ a todas as esmeraldas não-observadas, e para as quais efectuamos a projecção. Uma maneira de efectuar esta distinção é indexando temporalmente o predicado *ser observado*, embora o mesmo efeito gerador de paradoxo pudesse ser alcançado, por exemplo, através de uma indexação espacial, em que $\mu_{(x)}$ seria interpretado como *ser observado na superfície da Terra* e $\sim\mu_{(x)}$ como *ser observado na superfície de Mercúrio*.

[23] Tal como Goodman mostrou, os predicados *verde/azul* não são mais básicos ou primitivos do que os predicados *verdul/azerde*, pois cada um destes pares pode ser definido em termos do outro. Tendo *verdul/azerde* na nossa linguagem base, *verde* pode ser definido da seguinte maneira: Aplica-se a todas as coisas examinadas

> *x* é gasólido sse [(*x* encontra-se acima de 356,73ºC e *x* é gasoso) ou (*x* encontra-se a menos de 356,73ºC e *x* é sólido)].

Esta propriedade aplica-se com verdade ao elemento químico mercúrio. O aspecto relevante é o seguinte: o engenho de Goodman consistiu em encontrar uma condição – ser observado [*being sampled*] – incorporada na definição de *verdul*, que impede que tenhamos uma teoria sintáctica da confirmação. Acontece que é o sentido específico desse predicado que faz com que ele não seja projectável de acordo com as regras de confirmação que temos ao nosso dispor, i.e., de acordo com CN.

A segunda estratégia disponível, seguida por Jackson, consiste em tentar reformular CN de modo a prevenir que uma hipótese a respeito do predicado *verdul* possa admitir confirmação. Um dos aspectos que devemos imediatamente considerar é que, em geral, não acreditamos que o facto de termos observado, ou não, um determinado objecto tenha alguma influência nas suas propriedades objectivas. No caso em consideração, o que faz com que uma esmeralda seja verdul é o facto de já a termos observado. Contudo, sabemos perfeitamente que as esmeraldas que ainda não foram observadas são e serão verdes, tal como as esmeraldas que já observámos. Em suma, sabemos que as esmeraldas que ainda não observámos não possuem uma propriedade importante, nomeadamente, a propriedade que faz com que as esmeraldas já observadas sejam verduis: a propriedade de já terem sido observadas. Podemos, assim, refinar CN de modo a acomodar esta informação fundamental:

> CN2: Uma hipótese do tipo 'Todos os *F*s são *G*s' é confirmada pelos seus exemplares sse não existe uma propriedade *H*, tal que todos os *F*s são *H*s e, caso não fossem *H*s, não seriam *G*s.

---

antes do tempo futuro *t*, apenas no caso de serem verduis, ou a todas as outras apenas se forem azerdes. Norton (2006) argumenta que esta *simetria formal* entre as definições é precisamente aquilo que derrota o propósito do enigma de Goodman: mostrar que as nossas regras indutivas não conseguem distinguir entre várias continuações possíveis de um padrão – como *o pão alimenta* ou *as esmeraldas são verdes* – para o qual temos informação disponível. Empregando definições da Física, Norton tenta mostrar que onde essa simetria se verifica, os factos físicos descritos são os mesmos e, como tal, impossíveis de distinguir por qualquer regra indutiva.

Neste caso, *H* corresponde à propriedade que consiste em já ter sido observado, que as esmeraldas possuem e que, caso não possuíssem, não seriam verduis. De acordo com CN2, a hipótese 'Todas as esmeraldas são verduis' deixa de ser confirmada pela observação de esmeraldas verdes. O mesmo se passaria com outro exemplo em que a hipótese 'Todos os camarões são cor-de-rosa' deixaria de poder ser confirmada por um conjunto de observações constituídas por um número razoável de camarões cor-de-rosa, na medida em que, neste caso, *H* consistiria na propriedade 'estar cozido'.

Contudo, se nos colocarmos na posição de um observador ingénuo de camarões, ele parece ter realmente uma justificação para acreditar na hipótese. Mas talvez CN2 possa ser melhor refinada de modo a acolher as nossas intuições acerca da justificação das nossas crenças indutivas. Em primeiro lugar, a regra terá de incorporar a seguinte noção: um determinado conjunto de observações que contém um contra-exemplo de uma hipótese (neste caso um camarão cinzento) não pode, obviamente, servir para confirmar essa hipótese.

> CN3: Uma hipótese do tipo 'Todos os *F*s são *G*s' é confirmada por um conjunto de observações contendo os seus exemplares, e não contendo qualquer contra-exemplo, sse não existe uma propriedade *H*, tal que todos os *F*s são *H*s e, caso não o fossem, não seriam *G*s.

Em segundo lugar, o que se passa com o nosso observador é que ele não conhece a relação que existe entre a cozedura de um alimento e a sua respectiva cor. Ou seja, para termos uma regra que regule adequadamente a nossa prática confirmatória, não é suficiente supor a verdade da proposição segundo a qual não existe uma propriedade *H*, tal que todos os *F*s são *H*s e que, caso não o fossem, não seria *G*s. É também necessário que essa proposição esteja incluída no conjunto de observações à disposição do observador.

De acordo com Sainsbury (1995), esta ideia exprime a convicção de que a informação observacional deve ser 'transparente'. Ou seja, para que um conjunto de observações se constitua numa justificação para confirmar uma hipótese, temos de ser capazes de verificar se isso é o caso examinando *a priori* a informação observacional e a hipótese. E porquê? Porque se necessitássemos de confirmação para qualquer hipótese, segundo a qual um determinado corpo de informação observacional serve para confirmar uma determinada hipótese, teríamos então uma regressão ao infinito, caso em que não teríamos confirmação alguma. Torna-se, assim, necessário que pelo menos alguma da nossa informação observacional seja transparente no sentido referido. O corpo de informação observacional terá, portanto, de conter a proposição segundo a qual não existe uma propriedade *H*, tal que todos os *F*s são *H*s e, caso não o fossem, não seriam *G*s. CN3 transforma-se, assim, em CN4:

> CN4: Uma hipótese do tipo 'Todos os *F*s são *G*s' é confirmada por um conjunto de observações contendo os seus exemplares, e não contendo qualquer contra-exemplo, sse os dados observacionais disponíveis não incluírem qualquer indicação de que exista uma propriedade *H*, tal que todos os *F*s são *H*s e, caso não o fossem, não seriam *G*s.

Em conclusão, apesar de refinada, a regra tem os seus limites, os quais se prendem com a informação observacional prévia que o observador possui. CN4 parece realmente impedir a confirmação da hipótese 'Todas as esmeraldas são verduis', pois faz parte do nosso conhecimento prévio que as esmeraldas são gemas e que estas, tanto quanto sabemos, não mudam de cor. É, todavia, possível conceber situações em que, por exemplo, alguém é completamente ingénuo acerca da alteração de cor dos alimentos e, no entanto, ser competente em geral nas suas práticas indutivas. Neste caso, CN4 não consegue contrariar a nossa intuição de que o observador tem justificação para acreditar na hipótese geral 'Todos os camarões são cor-de-rosa'.

Se não formos demasiado exigentes, podemos aceitar a reformulação CN4, bloqueando assim a confirmação de hipóteses contraditórias através do mesmo conjunto de observações, como no caso do *verdul*. No entanto, isto não é incompatível com a aceitação de que CN4 tem os seus limites, concluindo-se que, afinal, a noção de confirmação não é absoluta, mas sim relativa ao conhecimento prévio de cada observador, o que estaria de acordo com a habitual precariedade do raciocínio indutivo em geral.

5 Conclusão

O problema da indução apresenta-se como um problema vivo e recorrente em filosofia, no qual têm confluído diversas disciplinas filosóficas. A aproximação pluridisciplinar tem enriquecido o problema com uma multiplicidade tal de abordagens e técnicas, as quais colocam problemas acrescidos à redacção de um artigo de estado da arte. Houve escolhas a fazer e, necessariamente, muito material teve de ser *a priori* excluído, quer por implicar uma redacção bastante extensa, quer por ser demasiado breve e insubstancial. Por exemplo, abordagens avançadas no âmbito da teoria das probabilidades tiveram de ficar de fora. As mesmas exigiriam a redacção de um amplo material técnico introdutório, com vista a poderem ser apropriadamente discutidas (e.g., Horwich 1982: 73-99). Em alternativa, escolhemos três teorias de probabilidades – Carnap, Reichenbach e bayesianismo –, que fizeram escola na área, evitando aspectos técnicos demasiado prolixos sobre o assunto. Por sua vez, considerações avulsas ao problema, ainda que interessantes, mas sem suporte teórico substancial, também ficaram de fora (e.g., a falácia dos quantificadores de Sober (1988: 68)). Em alternativa, escolhemos soluções e dissoluções ao problema que fossem suportadas num aparato teórico substancial. É nosso desejo que este artigo possibilite ao investigador interessado um panorama geral das teorias mais salientes na literatura contemporânea sobre o problema da indução.[24]

Eduardo Castro
Departamento de Matemática, Universidade da Beira Interior
LanCog Group, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa

Diogo Fernandes
LanCog Group, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa

Referências

Achinstein, Peter. 1962. The Circularity of a Self-Supporting Inductive Argument. *Analysis* 22(6): 138-141. doi:10.1093/analys/22.6.138.

Achinstein, Peter. 1963. Circularity and Induction. *Analysis* 23(6): 123-127. doi:10.2307/3326923.

Achinstein, Peter. 2010. The War on Induction: Whewell Takes On Newton and Mill (Norton Takes On Everyone). *Philosophy of Science* 77(5): 728-739. doi:10.1086/656540.

Armstrong, David. 1983. *What is a Law of Nature?* Cambridge: Cambridge

[24] Agradecimento: Estamos gratos a Pedro Galvão e João Branquinho pelos comentários realizados a uma versão prévia deste material.

University Press.
Armstrong, David. 1991. What Makes Induction Rational? *Dialogue* 30(04): 503-511. doi:10.1017/S0012217300011835.
Ayer, Alfred. 1958. *The Problem of Knowledge*. London: Macmillan.
Baker, Alan. 2007. Is There a Problem of Induction for Mathematics? In *Mathematical Knowledge*. Organizado por Mary Leng, Alexander Paseau e Michael D. Potter. Oxford: Oxford University Press.
Barker, Stephen. 1965. Discussion: Is There a Problem of Induction? *American Philosophical Quarterly* 2(4): 271-273. doi:10.2307/20009175.
Beebee, Helen. 2011. Necessary Connections and the Problem of Induction. *Noûs* 45(3): 504-527. doi:10.1111/j.1468-0068.2010.00821.x.
Black, Max. 1949. The Justification of Induction. In *Language and Philosophy: Studies in Method*. New York: Cornell University Press.
Black, Max. 1954. The Inductive Support of Inductive Rules. In *Problems of Analysis: Philosophical Essays*. London: Routledge and Kegan Paul.
Black, Max. 1958. Self-Supporting Inductive Arguments. *Journal of Philosophy* 55(17): 718-725.
Black, Max. 1962. Self-Support and Circularity: A Reply to Mr. Achinstein. *Analysis* 23(2): 43-44. doi:10.2307/3326638.
Braithwaite, Richard. 1974. The Predictivist Justification of Induction. In *The Justification of Induction*. Organizado por Richard Swinburne. New York: Oxford University Press.
Burks, Arthur. 1953. The Presupposition Theory of Induction. *Philosophy of Science* 20: 177-197.
Carnap, Rudolf. 1952. *The Continuum of Inductive Methods*. Chicago: The University of Chicago Press.
Carnap, Rudolf. 1962. *Logical Foundations of Probability*. Segunda edição, Chicago: The University of Chicago Press. (Primeira publicação em 1950).
Castro, Eduardo. 2014. On Induction: Time-limited Necessity vs. Timeless Necessity. *Teorema* 33(3): 67-82.
Cleve, James Van. 1984. Reliability, Justification, and the Problem of Induction. *Midwest Studies In Philosophy* 9(1): 555-567. doi:10.1111/j.1475-4975.1984.tb00077.x.
Dauer, Francis. 1980. Hume's Skeptical Solution and the Causal Theory of Knowledge. *The Philosophical Review* 89(3): 357-378. doi:10.2307/2184394.
De Finetti, Bruno. 1964. Foresight: Its Logical Laws, Its Subjective Sources. In *Studies in Subjective Probability*. Tradução de H. Kyburg e organização de H. Kyburg e H. Smokler, New York: Wiley. (Primeira publicação em 1937).
Earman, John, e Wesley Salmon. 1992. The Confirmation of Scientific Hypotheses. In *Introduction to the Philosophy of Science*. Organizado por Merrilee Salmon, John Earman, Clark Glymour, James Lennox, Peter Machamer, J. E. McGuire, John Norton, Wesley Salmon e Kenneth Schaffner. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall College Div.
Edwards, Paul. 1949. Russell's Doubts about Induction. *Mind* LVIII(230): 141-163. doi:10.1093/mind/LVIII.230.141.
Feigl, Herbert. 1950. De Principiis Non Disputandum . . . ? In *Philosophical Analysis: A Collection of Essays*. Organizado por Max Black. Ithaca: Cornell University Press.
Fine, Terrence. 1973. *Theories of Probability*. Waltham, MA: Academic Press.
Garber, Daniel. 1983. Old Evidence and Logical Omniscience in Bayesian Confirmation Theory. In *Testing Scientific Theories*. Organizado por J. Earman, Minnesota: University of Minnesota Press.
Glymour, Clark. 1980. *Theory and Evidence*. Princeton: Princeton University Press.

Goodman, Nelson. 1983. *Fact, Fiction, and Forecast*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
Harman, Gilbert. 1965. The Inference to the Best Explanation. *The Philosophical Review* 74(1): 88. doi:10.2307/2183532.
Harré, Rom. 1957. Dissolving the "Problem" of Induction. *Philosophy* 32(120): 58-64.
Hempel, Carl. 1945. Studies in the Logic of Confirmation. *Mind* 54: 1-26.
Horwich, Paul. 1982. *Probability and Evidence*. New York: Cambridge University Press.
Howson, Colin, e Peter Urbach. 1993. *Scientific Reason: The Bayesian Approach*. Chicago (IL): Open Court.
Huber, Franz. 2005. Subjective Probabilities as Basis for Scientific Reasoning? *British Journal of Philosophy of Science* 56: 101-116.
Hume, David. 2002. *Tratados Filosóficos - I Investigação sobre o Entendimento Humano*. Lisboa: Imprensa Nacional - Casa da Moeda.
Hume, David. 2012. *Tratado da Natureza Humana*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
Jackson, Frank. 1975. Grue. *The Journal of Philosophy* 72: 113-31.
Jeffrey, Richard. 1973. Carnap's Inductive Logic. *Synthese* 25: 299-306.
Jeffrey, Richard. 1983. *The Logic of Decision*. Chicago: University of Chicago Press. (Primeira publicação em 1965).
Johnsen, Bredo. 1972. Black and the Inductive Justification of Induction. *Analysis* 32 (3): 110-112. doi:10.2307/3327823.
Kasher, Asa. 1972. On the Puzzle of Self-Supporting Inductive Arguments. *Mind* LXXXI (322): 277-279. doi:10.1093/mind/LXXXI.322.277.
Kelly, Thomas. 2010. Hume, Norton, and Induction without Rules. *Philosophy of Science* 77(5): 754-764.
Levin, Michael. 1993. Reliabilism and Induction. *Synthese* 97(3): 297-334. doi:10.1007/BF01064072.
Machina, Kenton. 1985. Induction and Deduction Revisited. *Noûs* 19(4): 571-578. doi:10.2307/2215354.
Mackie, John. 1980. *The Cement of the Universe*. New York: Oxford University Press.
Mellor, Hugh. 1991. *Matters of Metaphysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
Moore, Asher. 1952. The Principle of Induction. *The Journal of Philosophy* 49(24): 741-747. doi:10.2307/2020560.
Moore, George. 1925. A Defence of Common Sense. In *Contemporary British Philosophy, Second Series*. Organizado por J. H. Muirhead. London: George Allen and Unwin.
Nicod, Jean. 1924. *Le Problème Logique de l'Induction*. Paris: Alcan.
Norton, John. 2003. A Material Theory of Induction. *Philosophy of Science* 70(4): 647-670. doi:10.1086/378858.
Norton, John. 2005. A Little Survey of Induction. In *Scientific Evidence: Philosophical Theories and Applications*. Organizado por Peter Achinstein. Maryland: The Johns Hopkins University Press.
Norton, John. 2006. How the Formal Equivalence of Grue and Green Defeats What Is New in the Riddle of Induction. *Synthese* 150(2): 185-207.
Norton, John. 2010. There Are No Universal Rules for Induction. *Philosophy of Science* 77(5): 765-777. doi:10.1086/656542.
Norton, John. 2014. A Material Dissolution of the Problem of Induction. *Synthese* 191(4): 671-690. doi:10.1007/s11229-013-0356-3.
Nozick, Robert. 1981. *Philosophical Explanations*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Okasha, Samir. 2001. What Did Hume Really Show about Induction? *The Philosophical Quarterly* 51(204): 307-327. doi:10.1111/1467-9213.00231.
Okasha, Samir. 2005. Does Hume's Argument Against Induction Rest on a Quantifier-Shift Fallacy? *Proceedings of the Aristotelian Society* 105(1): 237-255. doi:10.1111/j.0066-7373.2004.00113.x.
Papineau, David. 1992. Reliabilism, Induction and Scepticism. *The Philosophical Quarterly* 42(166): 1-20. doi:10.2307/2220445.
Poincaré, Henri. 1968. *La Science et l'Hypoyhèse*. Paris: Flammarion.
Popper, Karl. 1972. *Objective Knowledge: an Evolutionary Approach*. Oxford: Oxford University Press.
Popper, Karl. 2005. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge.
Ramsey, Frank. 1964. Truth and Probability. In *Studies in Subjective Probability*. Organizado por H. Kyburg e H. Smokler. New York: Wiley. (Primeira publicação em 1929).
Reichenbach, Hans. 1971. *The Theory of Probability*. Berkeley: University of California Press. Tradução de Ernest R. Hutton e Maria Reichenbach de *Wahrscheinlichkeitslehre. Eine Untersuchung uber die logischen und matematischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitrechnung*, Leiden, 1935. (Revista pelo autor).
Russell, Bertrand. 1905. Critical notices. *Mind* XIV(3): 412-418. doi:10.1093/mind/XIV.3.412.
Sainsbury, Richard. 1995. *Paradoxes*. New York: Cambridge University Press.
Salmon, Wesley. 1957. Should We Attempt to Justify Induction? *Philosophical Studies* 8(3): 33-48. doi:10.2307/4318273.
Salmon, Wesley. 1963 On Vindication Induction. *Philosophy of Science* 30(3): 252-261.
Salmon, Wesley. 1967. *Foundations of Scientific Inference*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
Salmon, Wesley. 1968. The Justification of Inductive Rules of Inference. In *The Problem of Inductive Logic*. Organizado por Imre Lakatos. Amsterdam: North Holland Pub. Co.
Salmon, Wesley. 1978. Unfinished Business: The Problem of Induction. *Philosophical Studies* 33(1): 1-19. doi:10.1007/BF00354278.
Sober, Elliott. 1988. *Reconstructing the Past: Parsimony, Evolution, and Inference*. Cambridge, MA: MIT Press.
Stove, David. 1973. *Probability and Hume's Inductive Scepticism*. Oxford: Clarendon Press.
Strawson, Peter. 1952. *Introduction to Logical Theory*. London: Methuen & Co Ltd.
Stroud, Barry. 1977. *Hume*. London: Routledge.
Swinburne, Richard. 1974. Introduction. In *The Justification of Induction*. New York: Oxford University Press.
Vickers, John. 2011. The Problem of Induction. In E. Zalta, org., *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2011 Edition)*, URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/induction-problem/>.
Wilbanks, Jan. 2010. Defining Deduction, Induction and Validity. *Argumentation* 24(1): 107-124. doi:10.1007/s10503-009-9131-5.
Worrall, John. 2010. For Universal Rules, Against Induction. *Philosophy of Science* 77(5): 740-753. doi:10.1086/656823.
Zilhão, António. 2007. Teorema de Bayes, Quantificação da Confirmação de uma Hipótese pela Evidência e Actualização de Crenças. In *A Teoria do Programa – Uma Homenagem a Mª Lurdes Ferraz e a M. S. Lourenço*. Organizado por A. M. Feijó e M. Tamen. Lisboa: Universidade de Lisboa.

Apêndice

1 Axiomas da teoria elementar de probabilidades

Definição. Consideremos uma experiência ε. Seja S o espaço amostral associado à experiência ε, isto é, S é o conjunto de todos os resultados possíveis de ε. Seja o acontecimento A (associado ao espaço amostral S e à experiência ε) um conjunto de resultados possíveis, isto é, A é um conjunto de estado de coisas; A é um subconjunto de S. A cada acontecimento A pode ser associado um número real representado por $P(A)$, chamado de *probabilidade de A*, e que satisfaz as propriedades seguintes:

(1) $0 \leq P(A) \leq 1$
(2) $P(S) = 1$
(3) Se A e B são acontecimentos mutuamente exclusivos, $P(A \vee B) = P(A) + P(B)$

2 Teorema de Bayes

1. Caso simples:

a) dependente de $P(E)$, $P(H \mid E) = \dfrac{P(H)P(E \mid H)}{P(E)}$

b) não dependente de $P(E)$,

$$P(H \mid E) = \frac{P(H)P(E \mid H)}{P(H)P(E \mid H) + P(\neg H)P(E \mid \neg H)}$$

2. Caso geral:
Seja $B_1, B_2, \ldots, B_k$ uma partição do espaço amostral S (i.e., $B_1, B_2, \ldots, B_k$ são (1) mutuamente exclusivos em S, (2) conjuntamente exaustivos de S e (3) $P(B_i) > 0$ para todo i e seja A um acontecimento associado a S:

$$P(B_i \mid A) = \frac{P(A \mid B_i)P(B_i)}{\sum_{j=1}^{k} P(A \mid B_j)P(B_j)} \qquad i = 1, 2, \ldots, k.$$